饲粮能量水平对育成期崂山奶山羊生长性能和血清生化指标的影响

宋晓雯[1]　朱风华[1]　王利华[1]　王文丹[1]　程　明[2]　戴正浩[2]　林英庭[1*1]

(1.青岛农业大学动物科技学院，青岛 266109；2.青岛市畜牧兽医研究所，青岛 266109)

摘　要：本试验旨在研究饲粮能量水平对育成期崂山奶山羊生长性能和血清生化指标的影响。选择体重[(18.43±0.76) kg]相近的崂山奶山羊育成母羊 30 只，采用单因素设计，随机分成 3 组，每组 10 个重复，每重复 1 只羊。分别饲喂粗蛋白质、钙及磷水平基本一致，消化能（DE）水平依次为 10.40、11.47 和 12.51 MJ/kg 的 3 种饲粮。结果表明：1）10.40 MJ/kg 组在 7、8 月龄的干物质采食量显著低于 12.51 MJ/kg 组（P<0.05），3 组在 9 月龄无显著差异（P<0.05）。2）10.40 MJ/kg 组体重在 8、9 月龄显著低于 11.47 和 12.51 MJ/kg 组（P<0.05）；10.40、11.47 和 12.51MJ/kg 组分别较试验前增长了 141.22%、157.40%、158.09%。8 月龄 10.40 MJ/kg 组胸围和腹围显著低于 12.51 MJ/kg 组(P<0.05)，9 月龄 10.40 MJ/kg 组胸围和尻长也显著低于 12.51 MJ/kg 组（P<0.05）。3）10.40 MJ/kg 组血清尿素氮含量显著高于 11.47 和 12.51 MJ/kg 组（P<0.05）。10.40 MJ/kg 组血清总胆固醇含量显著低于 12.51 MJ/kg 组（P<0.05）。10.40 MJ/kg 组血清甘油三酯含量显著低于 11.47 MJ/kg 组（P<0.05），极显著低于 12.51 MJ/kg 组(P<0.01)。由以上结果并考虑饲养成本可知，奶山羊最佳饲粮消化能水平为 11.47 MJ/kg。

关键词：育成期；崂山奶山羊；生长性能；血清生化指标

中图分类号：S826

崂山奶山羊是我国著名的地方品种，具有耐粗饲、生长发育快、产奶量高、体格健硕、抗病力强和遗传性能稳定等诸多优点，研究崂山奶山羊的营养需要，并对其进行科学饲养，充分发挥品种生产潜力具有重要意义。国内有关山羊能量需要量及饲粮能量适宜水平的研究已有零星报道[1-2]，但尚无有关崂山奶山羊饲粮适宜能量水平的研究，从而严重影响了奶山羊生长性能的发挥及养殖的经济效益。本试验以育成期崂山奶山羊为研究对象，研究了饲粮能量水平对育成期崂山奶山羊生长性能和血清生化指标的影响，旨在为奶山羊饲养标准的制订及科学饲养提供理论依据。

1　材料与方法

收稿日期：2015-08-03

基金项目：山东省现代农业产业技术体系羊产业创新团队（SDAIT-09-011-04）

作者简介：宋晓雯（1990—），女，山东诸城人，硕士研究生，研究方向为反刍动物营养与饲料科学。E-mail: sxw610@163.com

*通信作者：林英庭，教授，硕士生导师，E-mail： lyt0701@aliyun.com

1.1 试验动物及试验设计

选用健康无病、170 日龄左右、体重(18.43±0.76) kg 的崂山奶山羊育成母羊 30 只，采用单因素随机分组设计，按体重均衡原则随机分成 A、B、C 3 组，每组 10 个重复，每个重复 1 只羊。试验在青岛奥特种羊场进行，时间为 2014 年 8 月至 2014 年 11 月，试验期为 100 d，其中预试期 10 d，正试期 90 d。

1.2 试验饲粮

以 NRC（2007）山羊饲养标准建议的消化能（DE）水平，饲粮钙、磷和蛋白质水平基本一致，配制消化能水平分别为 10.40、11.47 和 12.51 MJ/kg 的 3 种试验饲粮，其组成及营养水平见表 1。饲粮以全混合日粮形式饲喂。

表 1　试验饲粮组成及营养水平(干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)　　%

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
原料 Ingredients			
青贮玉米 Corn silage	40.00	40.00	40.00
花生秧 Peanut vine	30.00	20.00	10.00
玉米 Corn	8.70	16.40	30.00
豆粕 Soybean meal	13.00	15.00	15.50
小麦麸 Wheat bran	6.80	7.15	3.00
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.20	0.25	0.20
石粉 Limestone	0.00	0.10	0.00
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]			
消化能 DE/(MJ/kg)	10.40	11.47	12.51
粗蛋白质 CP	16.47	16.52	16.49
中性洗涤纤维 NDF	35.47	36.12	36.28
酸性洗涤纤维 ADF	20.47	20.33	20.81
钙 Ca	0.57	0.56	0.57
磷 P	0.28	0.27	0.27

[1)]预混料为每千克饲粮提供 Premix provided following per kilogram of diet：VA 17 500 IU，VE 43 mg，VD_3 3 500 IU，VB_5 25.74 mg，Mn (as manganese sulfate) 31 mg，Zn (as zinc sulfate) 92.5 mg，Cu (as copper sulfate) 30 mg，Co (as cobaltous sulfate) 0.72 mg，I (as potassium iodide) 1.25 mg，Se (as sodium selenite) 1.00 mg。

2)营养水平为实测值。Nutrient levels were measured values.

1.3 饲养管理

供试羊单栏饲养，每天于 06:30、12:00、18:00 定量饲喂，固定时间段赶入运动场活动，供给充足洁净饮水，保持试验场地清洁，试验羊的驱虫免疫严格按照羊场程序进行。各组间饲养管理条件完全一致。

1.4 消化代谢试验

饲养试验结束后，每组选取较接近平均体重的供试羊 5 只饲养于专用消化代谢笼内，采用全收粪、尿法进行消化代谢试验，预试期 7 d，采样期 3 d。饲粮组成及饲喂方法与饲养试验相同，记录投料量和剩料量，并收集剩料，65 ℃烘干制成风干样后保存。消化代谢连续 3 d 全收粪尿。粪样取 1 d 粪量的 10%，加入 1/4 粪重的 10%酒石酸溶液，混匀后 65 ℃烘箱内烘干至恒重，制成风干样保存，做好标记并记录数据；每天试验羊全部尿液经 8 层纱布过滤后加入 10% H_2SO_4，最后将 3 d 尿样混匀取 5%保存，做好标记。保存在-20 ℃冰箱中备用。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 饲粮营养成分的测定

根据张丽英[3]介绍的采用氧弹式热量计测定饲粮中的消化能，根据凯氏定氮法测定饲粮中的粗蛋白含量，根据 Van Soest[4]提出的方法测定的中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）含量，根据高锰酸钾滴定法测定饲粮中的钙的含量，根据钼黄比色法测定饲粮中的磷的含量。

1.5.2 干物质采食量（DMI）

每天饲喂前后准确记录饲喂量和剩余量，采样 2 h 内测定剩料的初水，计算饲粮的干物质采食量（DMI）。

1.5.3 体增重、体尺和平均日增重（ADG）

3 组供试羊分别在试验前、正试期第 30、60 和 90 天晨饲前连续 2 d 空腹称重，测量体尺，分别代表 7、8、9 月龄的体重、体尺，计算试验羊在试验期的体增重和 ADG。

1.5.4 血清生化指标

分别在试验的第 1、90 天采集血样，用肝素钠抗凝采血管采集试验羊颈静脉血液 5 ml，

在离心力为 3 818×g 下离心 10 min，转移上清液液于 2 mL 离心管中，置于－80 ℃冰箱中保存，待试验结束后用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒及方法测定总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、球蛋白（GLB）、尿素氮（UN）、总胆固醇（TC）和甘油三酯（TG）含量以及谷丙转氨酶（GPT）、谷草转氨酶（GOT）活性。

1.5.5 总能消化率、总能代谢率和消化能代谢率

根据对 3 种饲粮及其粪、尿中能量含量测定结果，并结合甲烷能估算结果，按照下式进行计算：

总能消化率（%）=（GE-FE）/GE×100；

总能代谢率（%）=(GE-FE-UE-E_{CH_4})/GE×100；

批注 [Z1]: 排版时，4 是下标的下标

消化能代谢率（%）=(GE-FE-UE-E_{CH_4})/(GE-FE)×100。

式中：GE 为总能；FE 为粪能；UE 为尿能；E_{CH_4} 为甲烷能，采用 Blaxter（1965）法推算求得，E_{CH_4}（% GE）=3.67+0.062D（D 为试验母羊摄入饲料总能的表观消化率），经估算，本试验 3 组试验羊平均值为的 7.15 倍总能。

1.6 数据统计与分析

试验数据采用 Excel 软件整理，用 SPSS 20.0.0 软件进行方差分析，用 LSD 与 Duncan 氏法进行组间差异显著性检验。试验数据以“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 饲粮能量水平对育成期崂山奶山羊生长性能的影响

2.1.1 饲粮能量水平对育成期崂山奶山羊 DMI 的影响

由表 2 可知，A 组试羊在 7、8 月龄的 DMI 显著低于 C 组（P<0.05），与 B 组无显著差异（P>0.05），3 组试羊在 9 月龄采食量无显著差异（P<0.05）。

表 2 不同能量水平饲粮对崂山奶山羊干物质采食量的影响

Table 2 Effects of different energy levels on DMI of *Laoshan* dairy goats kg/(d·只)

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
预试期 Pre-test period	0.78±0.02	0.80±0.03	0.80±0.02
7 月龄 7-month-old	0.98±0.25[a]	1.01±0.29[ab]	1.04±0.23[b]
8 月龄 8-month-old	1.23±0.03[a]	1.30±0.02[ab]	1.33±0.03[b]
9 月龄 9-month-old	1.34±0.04	1.39±0.02	1.41±0.03
平均值 Average	1.08±0.25	1.13±0.27	1.15±0.28

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同

大写字母表示差异极显著(P<0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01). The same as below.

2.1.2 饲粮能量水平对育成期崂山奶山羊体重的影响

由表 3 可知，A 组试羊 7 月龄时增重较少，8、9 月龄体重呈显著增长的趋势，A 组试羊体重在 8、9 月龄显著低于 B、C 组（P<0.05）。A、B、C 3 组试羊分别较试验前增长了 41.22、57.40 和 58.09；B、C 组 ADG 显著高于 A 组（P<0.05）。

表 3 不同能量水平饲粮对崂山奶山羊体重的影响

Table 3 Effects of different energy levels on body weight of *Laoshan* dairy goats

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
体重 Body weight/kg			
试验前 Pre-test	18.10 ±0.67	18.85±0.55	18.35±0.71
7 月龄 7-month-old	18.20 ±0.64	18.90±0.53	18.40±0.69
8 月龄 8-month-old	20.94±0.99^{a}	23.39±0.78^{b}	23.22±1.05^{b}
9 月龄 9-month-old	25.56±0.56^{a}	29.67±1.00^{b}	29.01±1.15^{b}
平均日增重 ADG/g	63.43±5.67^{a}	87.96±8.55^{b}	86.25±7.76^{b}

2.1.3 饲粮能量水平对育成期崂山奶山羊体尺的影响

由表 4 可知，8 月龄 A 组试羊的胸围和腹围显著低于 C 组（P<0.05）。9 月龄 A 组试羊的胸围和尻长也显著低于 C 组（P<0.05）。饲粮能量水平对 3 组试羊的体高、体长、胸深、胸宽、荐宽、尻高和管围无显著影响（P>0.05）。

表 4 不同能量水平饲粮对崂山奶山羊体尺的影响

Table 4 Effects of different energy levels on body size of *Laoshan* dairy goats cm

项目 Items	月龄 Month of age	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
体高	7	54.5±0.90	54.45±0.48	53.6±0.92
Body height	8	56.78±1.24	55.28±0.78	55.83±0.98
	9	60.28±1.00	61.50±0.87	62.28±0.91
体长	7	54.70±1.42	54.15±1.22	53.70±0.88
Body length	8	57.39±1.29	58.00±0.97	57.78±1.43
	9	62.28±1.23	62.50±1.30	64.17±0.51
胸深	7	23.40±0.60	24.10±0.43	23.50±0.48
Chest deep	8	25.61±0.47	26.57±0.26	26.67±0.37
	9	27.46±0.29	28.58±0.31	28.64±0.32
胸宽	7	15.75±0.42	15.95±0.42	15.75±0.47
Chest width	8	16.69±0.26	17.06±0.23	17.33±0.44

	9	18.17±0.34	18.89±0.29	18.92±0.44
胸围	7	63.20±0.87	63.70±0.70	63.75±1.18
Chest circumference	8	63.83±0.91^{a}	67.44±1.14^{b}	67.11±1.23^{b}
	9	68.78±0.66^{a}	72.02±1.10^{b}	72.22±1.30^{b}
腹围	7	70.45±1.09	72.50±1.12	69.60±1.39
Abdominal	8	72.78±1.11^{a}	75.83±0.77^{ab}	76.22±1.34^{b}
circumference	9	77.11±1.14	80.61±1.21	80.40±1.82
荐宽	7	10.45±0.28	11.00±0.26	10.70±0.47
Pars sacralis width	8	11.22±0.28	11.89±0.26	10.89±0.45
	9	13.22±0.36	13.89±0.35	13.67±0.41
尻高	7	56.80±0.62	58.30±0.47	56.60±0.88
Rump height	8	59.17±1.22	59.78±0.52	59.50±0.89
	9	62.67±0.97	63.84±0.37	64.39±1.02
尻长	7	14.55±0.65	14.80±0.44	13.90±0.43
Rump length	8	13.67±0.50	14.44±0.24	14.11±0.26
	9	15.56±0.60^{a}	16.50±0.37^{ab}	18.22±0.83^{b}
管围	7	6.94±0.17	6.93±0.13	6.71±0.13
Circumference of	8	7.17±0.22	7.18±0.11	7.01±0.15
cannon bone	9	7.31±0.16	7.31±0.12	7.33±0.12

2.2 饲粮能量水平对育成期崂山奶山羊血清生化指标的影响

由表 5 可知，血清 GPT、GOT 活性，TP、ALB 和 GLB 含量在第 1 和 90 天差异不显著（*P*>0.05）。第 90 天，A 组血清 UN 含量显著高于 B、C 组（*P*<0.05），B、C 组差异不显著（*P*>0.05）。A 组血清 TC 含量显著低于与 C 组（*P*<0.05），但与 B 组没有显著差异（*P*>0.05）。A 组血清 TG 含量显著低于 B 组（*P*<0.05），极显著低于 C 组（*P*<0.01），但 B、C 2 组没有显著差异（*P*>0.05）。

表 5　不同能量水平饲粮对崂山奶山羊血清生化性能指标的影响

Table 5　Effects of different energy levels on serum biochemical indices of *Laoshan* dairy goats

项目 Items	第 1 天 Day 1			第 90 天 Day 90		
	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
谷丙转氨酶 GPT/(U/L)	94.55±8.89	92.67±5.61	93.00±10.21	88.63±4.61	94.50±4.76	94.88±3.02
谷草转氨酶 GOT/(U/L)	16.56±1.24	15.89±0.89	15.14±1.03	23.50±1.78	21.50±1.35	21.22±1.65
总蛋白 TP/(g/L)	71.97±1.62	72.86±1.09	71.00±1.62	70.60±2.52	74.16±1.87	72.30±1.24
球蛋白 GLB/(g/L)	47.79±2.50	48.08±1.25	45.99±1.32	39.83±2.52	44.13±1.66	41.78±1.54
白蛋白 ALB/(g/L)	23.86±0.98	25.08±0.65	25.01±0.89	30.78±0.61	30.04±0.51	30.51±0.75
尿素氮 UN/(mmol/L)	8.13±0.18	7.96±0.23	7.91±0.22	9.96±0.36^{a}	8.18±0.82^{b}	8.19±0.43^{b}
总胆固醇 TC/(mmol/L)	1.51±0.58	1.58±0.14	1.51±0.07	1.86±0.36^{b}	2.01±0.12^{ab}	2.23±0.14^{a}
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.34±0.03	0.32±0.01	0.28±0.02	0.28±0.18^{aA}	0.30±0.18^{bB}	0.36±0.14^{bB}

2.3 不同能量水平饲粮对崂山奶山羊的消化代谢的影响

由表 6 可知，A、B、C 组试验羊总能摄入量分别为 14.25、16.20 和 17.07 MJ/d，组间差异显著（$P<0.05$）。A、B、C 组试羊排放的粪能分别为 5.80、6.14 和 6.31 MJ/d，随着饲粮能量水平的升高而升高，且组间差异显著（$P<0.05$）。随着饲粮能量水平的提高，排放的甲烷能呈升高的趋势，且 B、C 组试羊显著高于 A 组（$P<0.05$），但 B、C 组间没有显著差异（$P>0.05$）。3 组试羊对饲粮中总能消化率、总能代谢率和消化能代谢率，随着饲粮能量水平的提高而提高，且 A 组均显著低于 C 组（$P<0.05$），但与 B 组差异不显著（$P>0.05$）。

表 6　不同能量水平饲粮对崂山奶山羊消化代谢的影响

Table 6　Effects of different energy levels on digestion and metabolism of *Laoshan* dairy goats

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
总能 GE/(MJ/d)	14.25±0.15[a]	16.20±0.10[b]	17.07±0.19[c]
粪能 FE/(MJ/d)	5.80±0.34[a]	6.14±0.2[b]	6.31±0.33[c]
尿能 UE/(MJ/d)	0.41±0.06[a]	0.44±0.05[b]	0.47±0.07[c]
甲烷能 E_{CH_4}/(MJ/d)	1.01±0.02[a]	1.16±0.02[b]	1.20±0.02[b]
总能消化率 GE digestibility/%	59.30±2.35[a]	62.34±2.71[ab]	63.13±1.90[b]
总能代谢率 GE metabolic rate/%	49.33±2.34[a]	52.22±1.43[ab]	53.24±2.11[b]
消化能代谢率 DE metabolic rate/%	81.18±0.49[a]	83.76±0.55[ab]	84.31±0.61[b]

3　讨　论

3.1　不同能量水平饲粮对育成期崂山奶山羊生长性能的影响

不同能量水平饲粮对育成期崂山奶山羊生长性能有一定影响，适当提高崂山奶山羊饲粮能量水平有利于体重的增长，降低料重比。

3.1.1　不同能量水平对育成期崂山奶山羊 DMI 的影响

反刍动物 DMI 受到多种因素的影响，从饲粮营养因素来看，饲粮能量水平是影响反刍动物 DMI 的重要因素。有研究表明，在一定范围内，DMI 随能量水平增加而增加，超过一定阈值时不会继续增加反而会下降[5]。薛剑锋等[6]在研究能量水平对中卫山羊羯羔羊饲粮消化性能的影响时发现，能量水平 9.53 和 10.41 MJ/kg 的中卫山羊羯羔羊采食量比 8.71 MJ/kg 的采食量高，但差异不显著。周汉林等[7]在研究生长期黑山羊时发现，蛋白质水平在 10.71% 时能量水平 13.02 MJ/kg 的试羊采食量大于 11.72 MJ/kg 的试羊。这与本试验的试验结果相似。

3.1.2　不同能量水平对育成期崂山奶山羊体重的影响

饲粮能量水平对动物的生长发育具有关键作用，研究表明，给断奶羔羊提供较高的能量

水平的饲粮利于其体重的增加，并且饲粮中能量水平越高，山羊的增重就越快[8]。张拴林等[9]研究表明所有试验羊的 ADG 随着饲粮能量水平的提高而提高，其中绵羊的 ADG 显著高于山羊的，高能量水平组的 ADG 极显著高于低能量水平组。何仁春等[10]研究了不同消化能水平对生长期黑山羊生长性能的影响，结果表明随着饲粮消化能水平的提高，山羊的 ADG 先高后降低，11.20、11.50 和 11.77 MJ/kg 饲粮消化能的试羊 ADG 分别为 122、134 和 132 g。这与本试验的研究结果并不一致，可能是受所用试验动物品种和饲养环境等因素的影响所致。崔祥[11]在研究饲粮能量水平对 4~6 月龄犊牛生长、消化代谢和瘤胃内环境的影响时，给犊牛分别饲喂 6.24、7.04、7.53 和 7.85 MJ/kg 的饲粮，发现 4 组犊牛 ADG 分别为 0.64、0.75、0.78 和 0.84 kg,组间差异不显著，但 6 月龄，7.85 MJ/kg 组犊牛 ADG 显著高于 6.24 MJ/kg 组。张蓉等[12]也在研究能量水平及来源对早期断奶犊牛消化代谢的影响时发现能量水平 19.66 MJ/kg 的犊牛 ADG 高于 18.51 和 20.80 MJ/kg，这与本试验结果类似。乔治[13]在研究，精料不同能量水平对 1 周岁舍饲牦牛生长性能和营养物质表观消化率的影响时发现，6.20 MJ/kg 组试羊与 6.90 MJ/kg 试羊的 ADG 显著高于 5.50 MJ/kg 试羊，但 6.20 MJ/kg 与 6.90 MJ/kg 组试羊之间差异不显著，这与本试验研究结果一致。

3.1.3 不同能量水平对育成期崂山奶山羊体尺的影响

动物体尺指标作为动物生长发育的重要指标，显示了动物营养状态和遗传潜力间的作用关系[14]。本试验中，崂山奶山羊各体尺指标均随饲粮中能量水平的升高而升高；各体尺指标增幅中，胸围的增幅最大，腹围和体长增大幅度则次于胸围的增大幅度。同时还可发现，3 组试验羊体长、体高、胸深、尻高、管围较接近，说明这些体尺指标是由遗传决定的。

3.2 不同能量水平对育成期崂山奶山羊血清生化指标的影响

血液生化物质的代谢规律可有效反映营养物质供给的状况。饲粮营养水平的高低直接影响着血清 GPT、GOT 活性，UN、TP、ALB、GLB、TG 和 TC 含量，血清中 TP、ALB、UN 含量变化反映动物机体蛋白质代谢和吸收情况，与动物的生长性能息息相关。

3.2.1 不同能量水平对育成期崂山奶山羊血清 GPT 及 GOT 活性的影响

GPT 和 GoT 广泛存在于动物肝细胞内，其活性变化是反映肝细胞和心脏细胞受损的 2 个重要指标。正常情况下，GPT 和 GPT 活性是相对稳定的，当心脏和肝脏组织细胞发生炎症、坏死、中毒等，造成细胞受损或在热冷应激状态下时，转氨酶便会释放到血液里，使血

清转氨酶活性升高[15]。本试验条件下，GPT 和 GPT 活性都在正常值范围内，说明试验饲粮对试验羊肝脏无不良影响产生。

3.2.2 不同能量水平对育成期崂山奶山羊血清 UN 含量的影响

反刍动物血液中 UN 来源于瘤胃壁吸收的氨氮和机体组织蛋白质分解,与瘤胃内氨态氮浓度相关[16]。血清 UN 反映了动物体内蛋白质代谢和氨基酸的平衡情况，当其含量下降时，说明机体蛋白质合成率较高、氨基酸平衡良好；当其含量过高时，则会使氮以尿素或气体的形式排出体外，降低饲料中氮的利用率。UN 含量与体内氮沉积率、蛋白质或氨基酸利用率呈负相关，与饲粮中能量水平有一定的关系[17]。Malmolf 等[18]发现，血清 UN 含量可以较准确地反映动物体内蛋白质代谢和氨基酸之间的平衡状况，UN 含量越低则表明氮的利用效率越高。巩峰等[19]在研究饲粮不同能量水平对育肥奶山羊公羊生长性能和血清生化指标的影响，发现 9.29 MJ/kg 试羊的血清 UN 含量显著高于 10.00 和 10.70 MJ/kg 的试羊。本试验中在相同蛋白质水平条件下 A 组饲粮能量水平低于 B 和 C 组，A 组血清 UN 含量显著高于 B、C 2 组，证明高能量水平饲粮可显著改善血清生化指标，进一步证明高能量水平饲粮有利于提高奶山羊的生长性能，这与胡伟莲[20]在研究皂甙对瘤胃发酵与甲烷产量及动物生长性能影响的研究的结果也基本一致。

3.2.3 不同能量水平对育成期崂山奶山羊血清 TP、ALB 及 GLB 含量的影响

TP 包括 ALB 和 GLB，TP 含量高，有利于提高代谢水平和免疫力。通常认为 TP 含量与动物蛋白质营养供应状况和机体生长性能相关联，其含量升高是蛋白质代谢旺盛的体现，有利于机体对蛋白质的吸收和利用，从而降低饲料消耗[21]。程忠刚等[22]研究表明，血液中的 TP 可在一定程度上反映动物对营养物质的消化代谢水平，血液中较高的 TP 含量说明动物对蛋白质的利用率增强。本试验研究发现，随着饲粮能量水平的提高，血清中 TP、ALB 和 GLB 的含量变化不显著，其原因有待进一步研究。

3.2.4 不同能量水平对育成期崂山奶山羊血清 TG 和 TC 含量的影响

血液中的 TG 和 TC 都是血脂，都与能量代谢息息相关。TG 是体内含量最多的脂类，是动物机体贮存能量的主要形式，能在动物体内被各组织利用分解供能，可在肝脏和脂肪等组织中合成与贮存。血液中的 TC 主要来自内源合成，少部分来自外源(饲料)吸收[23]。血清 TG 和 TC 含量反映了体内脂质代谢的状况，它们含量的上升往往引起肾脏、心血管和脑血

管方面的疾病，就现代畜牧产业发展情况以及人类对畜产品的需求来看，如何降低机体脂肪和 TC 的含量成为目前畜禽生产亟待解决的问题。有研究表明，提高饲粮中的能量水平能显著增加血浆中 TG 和 TC 的含量[24]。翟真真等[25]研究表明，随精料水平及饲粮能量水平的提高，奶牛血清 TG 含量逐渐升高。李歆等[26]也研究发现，萨能羊血液中 TC 和 TG 的含量随着饲粮能量水平的提高而呈上升的趋势。这与本试验发现，随着能量水平的提高，血清 TC、TG 的含量逐渐提高的规律相似。

3.3　不同能量水平对育成期崂山奶山羊消化代谢的影响

正常情况下，随着饲粮能量水平的增加，粪能、尿能的排出量也相应地增加。张振伟[27]对中卫山羊育成母羊研究结果表明，饲粮能量水平的提高会显著提高总能消化率和代谢率。王惠[28]研究表明，空怀期陕北白绒山羊母羊的总能代谢率和消化能代谢率均随饲粮能量水平升高而显著升高，与本试验结果相符。赵敏孟等[29]采用消化能水平分别为 8.91、9.79 和 10.62 MJ/kg 的饲粮饲喂青山羊公羊，结果表明 9.79 MJ/kg 的能量水平下消化能和代谢能的摄入量较高，为较适宜的能量水平。

4　结　论

① 在一定饲粮能量水平范围内，提高育成期崂山奶山羊能量水平可以增加 ADG，降低料重比，考虑饲养成本，本试验条件下，饲粮消化能水平推荐为 11.47 MJ/kg。

② 饲粮能量水平对崂山奶山羊血清中 UN、GPT、ALB、TG 和 TC 含量有显著影响，要保持奶山羊的血清生化指标，本试验中以 11.47 MJ/kg 为最优。

参考文献：

[1]　肖宇.功能性寡糖对山羊瘤胃发酵参数及血清生化和免疫指标的影响[D].硕士学位论文.青岛：青岛农业大学,2012.

[2]　HADDAD S G,HUSEIN M Q.Effect of dietary energy density on growth performance and slaughtering characteristics of fattening Awassi lambs[J].Livestock Production Science,2004,87(2/3):171–177.

[3]　张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出社,2007:53–96.

[4]　VAN SOEST P J,ROBERTSON J B,LEWIS B A.Methods for dietary fiber,neutral detergent fiber,and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J].Journal of Dairy

Science,1991,74(10):3583–3597.

[5] 张吉鹍,卢德勋,胡明,等.反刍家畜采食量的研究进展[J].畜牧与饲料科学,2004,25(5):1–4.

[6] 薛剑锋,徐小春,张振伟,等.能量水平与精粗比对中卫山羊羯羔羊日粮消化性能的影响[J].饲料工业,2011,32(13):46–48.

[7] 周汉林,李茂,字学娟,等.海南黑山羊生长期的能量与蛋白质需要量[J].热带作物学报,2009,30(8):1210–1214.

[8] 江喜春,夏伦志,张乃锋,等.代乳粉能量水平对早期断奶湖羊羔羊生长性能和物质代谢的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(7):50–53.

[9] 张拴林,岳文斌,黄应祥,等.不同能量水平对羊生产性能及激素水平的影响[J].中国畜牧杂志,2006,42(9):39–42.

[10] 何仁春,吴柱月,卢玉发,等.黑山羊的能量利用效率及对生长性能的影响[J].饲料工业,2010,31(13)38–40.

[11] 崔祥.日粮能量水平对 4~6 月龄犊牛生长、消化代谢及瘤胃内环境的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014.

[12] 张蓉.能量水平及来源对早期断奶犊牛消化代谢的影响研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2008.

[13] 乔治.精补料不同能量水平对 1 周岁舍饲牦牛生产性能和营养物质表观消化率的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2013.

[14] 赵玉民.草原红牛及其改良群体遗传与营养互作研究[D].博士学位论文.长春:吉林农业大学,2007.

[15] 李茂,字学娟,周汉林,等.不同能氮水平日粮对生长期海南黑山羊血液生化指标的影响[J].中国农学通报,2009,25(22):17–20.

[16] STANLTY C C,WILLIAMS C C,JENNY B F.Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves[J].Journal of Dairy Science,2002,85(9):2335–2344.

[17] 董志岩,叶鼎承,李忠荣,等.理想蛋白质氨基酸模式对生长猪生产性能、血清尿素氮及游离氨基酸的影响[J].家畜生态学报,2010,31(5) :30–34.

[18] Malmolf K.Amino acid in farm animal nutrition metabolism,partition and consequences of imbalance[J].Journal of Agricultural Research,1988,18:191–193.

[19] 巩峰,王建民,王桂芝,等.饲粮不同能量水平对育肥奶山羊公羊生长性能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(1):208–213.

[20] 胡伟莲.皂甙对瘤胃发酵与甲烷产量及动物生产性能影响的研究[D].博士学位论文.杭州:浙江大学,2005.

[21] 王桂秋.营养水平对羔羊物质消化的影响及羔羊早期断奶时间的研究[D].硕士学位论文.北京：中国农业科学院，2005.

[22] 程忠刚,许梓荣,林映才,等.高剂量铜对仔猪生长性能的影响及作用机理探讨[J].四川农业大学学报,2004,22(1):58–61.

[23] 邹思湘.动物生物化学[M].4 版.北京:中国农业出版社,2005:201–204.

[24] 刘作华.日粮能量水平对猪肌内脂肪沉积的影响及作用机制研究[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2008.

[25] 翟真真,贾玉东,王振勇,等.不同日粮精粗比对奶牛血脂和血清游离脂肪酸的影响[J].江西农业大学学报,2008,30(2):291–296.

[26] 李歆,罗军,朱江江.不同能量和蛋白水平日粮对西农萨能奶山羊泌乳性能的影响[J].家畜生态学报,2013,34(3):30–35.

[27] 张振伟.中卫山羊育成母羊能量和蛋白质需要量及代谢规律的研究[D]硕士学位论文.宁夏:宁夏大学,2009.

[28] 王惠.空怀期及妊娠期陕北白绒山羊能量需要量研究[D]硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2012.

[29] 赵敏孟,杨在宾,杨维仁,等.饲粮能量水平对青山羊能量代谢和产热量的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(11):41–45.

Effects of Dietary Energy Level on Growth Performance and Serum Biochemical Indices of Growing *Laoshan* Dairy Goats

SONG Xiaowen[1] ZHU Fenghua[1] WANG Lihua[1] WANG Wendan[1] CHENG Ming[2] DAI

Zhenghao[2] LIN Yingting[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Qingdao Agricultural University*, *Qingdao* 266109, *China*; 2. *Institute of Husbandry and Veterinary*, *Qingdao* 266109, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary energy level on growth performance and serum biochemical indices of *Laoshan* dairy goats. Thirty *Laoshan* dairy goats with an average weight (18.43±0.76) kg were used in a single-factor randomized design and equally divided into 3 groups with 10 replicates in each group and 1 goat per replicate. Goats were fed diets with consistent crude protein, calcium and phosphorus levels, but with different energy levels (10.40, 11.47 and 12.51 MJ/kg, respectively). The results showed as follows: 1) dry matter intake of goats at 7 and 8 months of age in 10.40 MJ/kg group was significant lower than that in 12.51 MJ/kg group (P<0.05), and there was no significant difference at 9 months of age among groups (P>0.05). 2) Body weight of goats at 8 and 9 months of age in 10.40 MJ/kg group was significantly lower than that in 11.47 and 12.51 MJ/kg groups (P<0.05), and in 10.40,11.47 and 12.51 MJ/kg group compared with that before the test was increased by 141.22%,157.40% and 158.09%. Chest circumference and abdominal circumference of goats at 8 months of age in 10.40 MJ/kg group were significantly lower than those in 12.51 MJ/kg group (P<0.05), and chest circumference and rump length of goats at 9 months of age in 10.40 MJ/kg group were significantly lower than those in 12.51 MJ/kg group (P<0.05). 3) Serum urea nitrogen content in 10.40 MJ/kg group was significantly higher than that in 11.47 and 12.51MJ/kg groups (P<0.05). Serum total cholesterol content in 10.40 MJ/kg group was significantly lower than that in 12.51 MJ/kg group (P<0.05). Serum triglyceride content in 10.40 MJ/kg group was significant lower than that in 11.47 (P<0.05) and 12.51 MJ/kg groups (P<0.01). Overall, considering feed cost, digestible energy level at 11.47 MJ/kg is the best for *Laoshan* dairy goats.

Key words: growing period; *Laoshan* dairy goat; growth performance; serum biochemical indice

*Corresponding author, professor, E-mail: lyt0701@aliyun.com

（责任编辑　王智航）